

ÉTUDE D'UN MATÉRIEL D'ORIGINE TRIPLE HYBRIDE

Gossypium hirsutum x *G. arboreum* x *G. raimondii*

I. — Application de l'analyse multivariable à la description des lignées de base

par

P. L. LEFORT et J. SCHWENDIMAN *

RÉSUMÉ

Le traitement en analyse multivariable des données relatives à dix-neuf caractères quantitatifs, mesurés sur neuf lignées choisies dans la descendance d'un matériel d'origine trispécifique (*Gossypium hirsutum* x *G. arboreum* x *G. raimondii*) donne les éléments de description de ce matériel.

L'analyse des distances généralisées, récapitulée par un dendrogramme, met en évidence, pour l'ensemble des caractéristiques mesurées (agronomiques, technologiques et relatives aux éléments minéraux contenus dans la feuille) la répartition des lignées en trois groupes, l'un de type équilibré, les deux autres de types extrêmes et opposés.

L'examen des corrélations entre variables deux à deux montre leur très grande dépendance entre elles, et révèle l'antagonisme d'expression entre caractères agronomiques et technologiques. La production paraît dépendre à titre égal du groupe de variables « poids des fructifications » et du groupe « nombre de fructifications », eux-mêmes d'expression opposée; ces deux composantes paraissent toutefois insuffisantes à déterminer entièrement la production.

Les composantes principales (les trois premières expliquent 87,5 % de la variation totale) permettent d'imputer aux caractères agronomiques la plus grande part de la variabilité observée. La première rend compte d'une opposition entre production, poids des fructifications d'une part et technologie, nombre de fructifications d'autre part; la seconde rend compte de l'équilibre variabilité-adaptation et la troisième de l'antagonisme entre qualités agronomiques et qualités technologiques. La représentation des lignées sur ces composantes procure des éléments d'information pour poursuivre l'amélioration de ce matériel.

L'étude approfondie de ce matériel, descendant d'un croisement trispécifique, a été entreprise dans le but essentiellement pratique d'en poursuivre l'amélioration. Huit lignées, ayant déjà subi pendant quelques années certaines pressions de sélection, ont été retenues comme représentatives de la dispersion phénotypique d'ensemble.

Nous avons, d'abord, effectué une analyse comparative de ces lignées de base, auxquelles nous avons joint, au titre de témoin de référence, la variété actuellement cultivée en Côte d'Ivoire, le HAR 44-2, issue du même matériel végétal. Cette première phase de l'étude fait l'objet du présent article.

Ces huit lignées ont été ensuite croisées entre elles, selon un schéma diallele complet, conduit jusqu'en F₂. L'analyse des descendance a permis, d'une part, l'étude de l'hétérosis et des aptitudes à la combinaison entre parents, d'autre part, celle de la structure génétique de ces lignées et du fonctionnement des caractères quantitatifs mesurés. Ces éléments

doivent faire l'objet de deux autres publications sous le même titre général.

Une des principales contraintes en sélection du cotonnier, comme de nombreuses autres plantes, vient de la nécessité d'améliorer simultanément de nombreuses caractéristiques, tant d'ordre agronomique que relatives à la technologie de la fibre, et il apparaît fréquemment que rechercher l'expression phénotypique optimale d'un caractère a pour conséquence de contrarier l'expression d'un autre. Aussi, nous a-t-il paru intéressant, dans cette première partie, d'avoir recours aux méthodes de l'analyse multivariable. Ce type de traitement des données conduit, en effet, à une description du matériel intégrant l'ensemble des variables mesurées; il permet d'étudier les liaisons entre caractères, puis de déterminer les directions et les dimensions réellement significatives de la variation observée.

L'étude a été basée sur deux démarches essentielles. La première, l'analyse des distances généralisées de MAHALANOBIS (RAO, 1952 et 1965), est surtout descriptive; elle consiste à établir l'organisation du matériel par le calcul d'un indice global de distance

* Laboratoire de Cytogénétique, I.R.C.T., B.P. n° 604, Bouaké (Côte d'Ivoire).

entre les lignées, indice prenant en compte l'ensemble des caractères quantitatifs mesurés. La seconde démarche, plus explicative, conduit à l'examen des corrélations entre variables, et au calcul de nouvelles variables synthétiques, non corrélées entre

elles, et prenant chacune part dans une proportion définie à la variabilité d'ensemble. Nous avons utilisé, ici, l'analyse des composantes principales (RAO, 1952; WILES, 1962; KENDALL, 1972).

I. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

La plante triple-hybride d'origine, dénommée HAR (*Gossypium hirsutum* var. « Mebane » \times *G. arboreum* var. « Nanking » \times *G. raimondii*), a été fabriquée à College Station au Texas, où elle a subi deux croisements par la variété « Acala » de l'espèce *G. hirsutum* (Acala 442, puis Acala 1517 C). La descendance qui en est issue a été ensuite stabilisée et diversifiée à la station de l'I.R.C.T. à Bouaké (KAMMACHER, 1965).

Le tableau 1 donne les références et l'origine des neuf lignées entrant dans cette première partie de l'étude. Elles représentent, excepté en ce qui concerne le HAR 444-2, un matériel de collection; toutefois, la descendance actuelle des cinq premières fait l'objet d'un travail de sélection.

Les lignées 4 et 9 ont donc été croisées par la variété « Allen » de l'espèce *G. hirsutum*; les lignées 1, 2 et 3 possèdent dans leur génotype des éléments de cette variété par le biais du croisement par HAR 444-2.

Le dispositif destiné à comparer les lignées était un lattice équilibré 3×3 , comprenant quatre répétitions. Les parcelles élémentaires de cinq mètres carrés représentaient chacune dix plantes récoltées en mélange.

Dix-neuf mesures de caractères quantitatifs ont été effectuées; on peut les regrouper en trois séries:

— Les variables agronomiques :

Production en kg de coton-graine par ha.

Hauteur des plantes en cm.

Précocité de floraison, en nombre de jours nécessaires à l'entrée en floraison de la moitié des individus.

Nombre de fleurs produites par plante.

Nombre de capsules produites par plante.

Poids moyen capsulaire en g.

Seed-index, poids de cent graines, exprimé en g.

Rendement en fibre, rapport de la quantité de fibre à celle de coton-graine, exprimé en pourcentage.

— Les variables concernant la technologie de la fibre :

Longueur de la fibre en mm (2,5% Span Length).

Uniformity ratio, mesure de l'uniformité en longueur, exprimée en pourcentage.

Indice micronaire, mesure de la finesse, en microgrammes/inch.

Ténacité mesurée au Stelomètre, et exprimée en g/tex.

— Ténacité mesurée au Pressley, et exprimée en 1000 PSI.

Allongement à la rupture en pourcentage.

— Les variables relatives aux éléments minéraux contenus dans la feuille :

Teneur en azote exprimée en pourcentage du poids sec.

Teneur en soufre exprimée en pourcentage du poids sec.

Teneur en phosphore exprimée en pourcentage du poids sec.

Teneur en potassium exprimée en pourcentage du poids sec.

Teneur en bore en p.p.m. du poids sec.

Les valeurs obtenues ont été traitées, sans transformation, en analyse de variance généralisée, analyse aboutissant, dans un premier temps, au calcul de deux matrices, la matrice des corrélations rési-

Tableau 1. — Références et origines des lignées HAR étudiées.

Numéro d'ordre	Références de sélection	Origine	Nombre d'années d'autofécondation
1	L-142-9	HAR \times (Acala) ² \times HAR-444-2	5
2	L-229-29	HAR \times (Acala) ² \times (HAR-444-2) ²	5
3	L-231-24	HAR \times (Acala) ² \times (HAR-444-2) ²	5
4	L-299-10	HAR \times (Acala) ² \times Allen	5
5	L-129-15	HAR-H-73-3 \times HAR-HL-42-8 issus de deux croisements par Acala	5
6	G-180-6	HAR \times (Acala) ²	13
7	G-181-3	HAR \times (Acala) ²	13
8	G-198-2	HAR \times (Acala) ²	13
9	HAR-444-2	HAR \times (Acala) ² \times Allen	Néant

duelles ou intra-lignées ou encore matrice « Within », la matrice des corrélations inter-lignées ou matrice « Betwen ». C'est à partir de la première que sont calculées les distances généralisées, regroupées ensuite selon un dendrogramme. La seconde permet, d'une part, l'étude des corrélations entre variables deux à deux, d'autre part, le calcul des composantes principales. Les données ont été traitées par le Labo-

ratoire de Biométrie du C.N.R.Z. à Jouy-en-Josas (France).

Nous avons utilisé l'analyse des coefficients de piste (KEMPTHORNE, 1957; LI, 1963; WRIGHT, 1968) pour tenter d'interpréter les corrélations. Les calculs ont été conduits selon la méthode proposée par DEWEY et LU (1959).

II. — RÉSULTATS

Le tableau 2 récapitule les données de l'analyse; il correspond à la moyenne, établie sur les quatre répétitions, de chacune des dix-neuf variables, pour les neuf lignées comparées; la dernière colonne donne la moyenne générale. Le tableau 3 donne les résultats des analyses de variance pour chacune des variables.

Il ressort du tableau 3 que, pour les variables agronomiques, seul le seed-index, et pour les variables technologiques, seul l'uniformity ratio, ne présentent pas de différences significatives entre lignées. Pour les cinq mesures d'éléments minéraux de la feuille, par contre, quatre conduisent à conclure à l'homogénéité des lignées; signalons que les quatre F correspondants, quoique très faibles, ne sont jamais significativement inférieurs à 1.

L'optique de notre analyse étant moins, cependant, la recherche de différences que celle de la description et de l'explication de la variabilité du matériel, nous conserverons ces six variables dans la suite de l'analyse, en nous dispensant toutefois d'accorder

trop d'intérêt au troisième lot (éléments minéraux de la feuille). Enfin, si les F apparaissent souvent faibles, les coefficients de variation le sont également, indiquant que l'homogénéité intra-lignée est assez bonne; on peut ainsi considérer que la plupart de ces mesures constituent de bons critères de séparation des lignées.

1. L'analyse des distances généralisées

Le calcul du paramètre D^2 de MAHALANOBIS entre lignées deux à deux, permet de les regrouper selon le dendrogramme de la figure 1.

L'examen de la figure 1 montre que l'organisation du matériel se constitue autour d'un noyau central composé des lignées 2, 1, 9, 4 et 8, rejoint d'un côté par les lignées 5 et 7, de l'autre par la lignée 3 et à un niveau beaucoup plus bas par la lignée 6. L'analyse des composantes principales devrait fournir les éléments permettant d'expliquer cette organisation. On peut cependant déjà remarquer que les lignées centrales (excepté 8) sont caractérisées par la proxi-

Tableau 2. — Valeurs moyennes des données de base.

Caractères	Lignées									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	m
Production	1.608	1.441	1.436	1.331	1.250	903	1.606	1.545	1.415	1.392,8
Hauteur	110	118	124	124	123	105	109	137	118	118,4
Précocité-floraison	61	55	63	64	61	61	63	61	62	62,4
Nombre de fleurs	41	37	48	38	40	33	34	42	49	40,5
Nombre de capsules	20	17	21	16	12	18	18	22	16	18,1
Poids capsulaire	5,6	5,8	4,9	5,3	6,4	3,9	6,2	5,3	4,6	5,33
Seed-index	10,6	10,0	10,0	10,2	11,1	9,6	11,0	10,2	10,2	10,33
Rendement-fibre	38,5	39,1	35,7	39,3	37,5	34,3	37,8	35,9	38,2	37,4
Longueur-fibre	32,2	30,9	31,4	31,4	30,1	31,8	32,0	29,7	32,2	31,4
Uniformity ratio	51,6	50,4	49,6	51,8	50,2	52,0	49,3	51,3	49,6	50,7
Indice micronaire	4,03	3,99	3,64	4,26	3,95	4,04	3,24	3,74	3,73	3,85
Ténacité (= T ₁)	27,2	23,6	27,0	26,4	25,7	29,4	24,5	23,9	23,4	25,7
Ténacité (1 000 PSI)	85,6	83,7	85,2	85,2	84,8	86,4	83,6	83,9	84,8	84,8
Allongement	7,5	8,5	8,0	8,2	8,0	7,6	7,6	10,1	7,2	8,09
Teneur-azote	4,33	4,26	4,12	4,51	4,43	4,23	4,28	4,37	4,20	4,30
Teneur-soufre	0,42	0,44	0,42	0,46	0,43	0,42	0,46	0,43	0,42	0,43
Teneur-phosphore	0,36	0,38	0,37	0,38	0,39	0,44	0,48	0,43	0,40	0,40
Teneur-potassium	5,02	4,32	4,47	4,63	4,55	4,64	5,07	4,16	4,51	4,65
Teneur-bore	16,2	17,7	15,2	13,8	14,8	17,2	15,7	15,0	18,2	16,0

Tableau 3. — Analyses de variances de chaque variable.

Caractères	Variances inter-lignées	Variances intra-lignées	F (8,27)	Coefficient de variation
Production	67 563	5 847	11,55**	11,1
Hauteur	396,7	125,2	3,17*	9,4
Précocité-floraison	8,0691	1,028	7,85**	1,6
Nombre de fleurs	12 573	863,9	14,55**	7,3
Nombre de capsules	3 529	342,1	10,26**	10,2
Poids capsulaire	2,539	0,109	23,11**	6,2
Seed-index	1,000	0,753	1,33	8,4
Rendement-fibre	11,43	0,697	16,40**	2,2
Longueur-fibre	3,694	0,609	6,07**	2,5
Uniformity ratio	4,404	4,307	1,02	4,1
Indice micronaire	0,355	0,152	2,33*	10,1
Ténacité (= T1)	16,40	2,745	5,97**	6,4
Ténacité (1 000 PSI)	5,733	1,964	2,92*	1,7
Allongement	2,831	0,577	4,91*	9,4
Teneur-azote	0,039	0,063	0,93	5,8
Teneur-soufre	0,001	0,003	0,47	12,5
Teneur-phosphore	0,006	0,001	4,19**	9,8
Teneur-potassium	0,317	0,406	0,78	13,7
Teneur-bore	9,000	25,85	0,35	31,8

* et ** indiquent un F significatif à P = 0,05 et P = 0,01 respectivement.

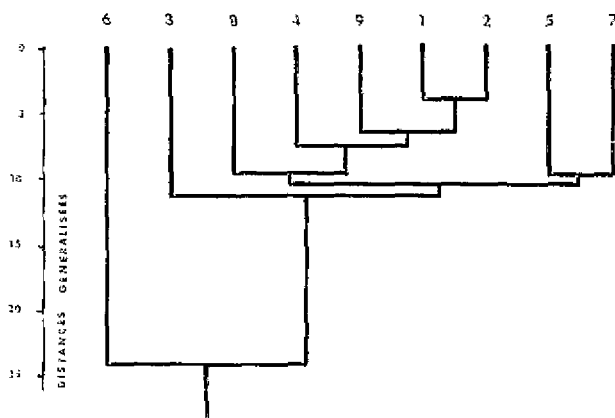


Fig. 1. — Dendrogramme de regroupement des lignées établi par les distances généralisées de MAHMANOBS.

mité du niveau de la plupart de leurs variables avec la moyenne générale. Les groupes 5 et 7 se distinguent surtout par des valeurs élevées du poids capsulaire et du seed-index, le groupe opposé, et particulièrement la lignée 6, par de très bonnes caractéristiques technologiques, et de très mauvaises caractéristiques agronomiques.

2. Les corrélations entre couples de variables

Le tableau 4, matrice des corrélations inter-lignées, révèle la très grande dépendance qui existe entre les caractères étudiés. On peut ainsi apprécier les difficultés que l'on rencontrera si l'on tente d'amener

l'expression de chacun à son niveau optimal. Dans le but d'obtenir un schéma simple des relations très complexes observées entre ces variables, nous avons essayé de les regrouper en ensembles à l'intérieur desquels les corrélations entre couples seraient positives, alors qu'elles seraient négatives d'un ensemble à l'autre. On peut objecter que cette façon d'opérer a ceci d'artificiel qu'elle dépend du sens adopté, *a priori*, pour mesurer la variation des caractères. Ainsi, si nous avons pris la tardiveté de floraison au lieu de la précocité de floraison, cette variable n'aurait pas été intégrée de la même façon dans notre schéma. Toutefois, le sens positif adopté étant, pour toutes les mesures, celui qui correspond à l'amélioration que l'on cherche, on peut considérer que les regroupements effectués ont une signification pratique.

On peut ainsi séparer (figure 2) tout d'abord deux grands ensembles de variables présentant entre eux une forte corrélation négative. Le premier regroupe toutes les variables agronomiques moins la précocité de floraison et plus l'allongement, le second toutes les variables technologiques moins l'allongement et plus la précocité de floraison.

L'ensemble technologique est centré autour de la ténacité, variable positivement corrélée aux quatre autres (uniformity ratio, indice micronaire, précocité et longueur).

L'ensemble agronomique apparaît composé de deux sous-groupes de variables constituant les deux grandes composantes de la production, sous-groupes présentant entre eux une corrélation négative, mais liés chacun de façon positive à la production, le premier (poids capsulaire, seed-index, rendement fibre)

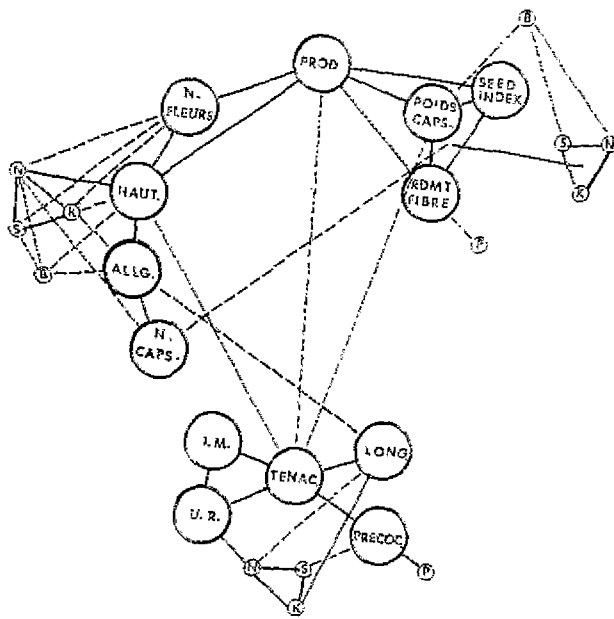


Fig. 2. — Représentation des corrélations entre couples de variables. Les traits pleins figurent des liaisons positives, les traits pointillés des liaisons négatives.

fortement, le second (nombre de fleurs, nombre de capsules, hauteur et allongement) plus lâchement.

Le tableau 5, matrice des corrélations résiduelles ou intra-lignées, possède certaines valeurs significatives, montrant ainsi que certaines liaisons existent en dehors de toute variation génotypique. La similitude entre les valeurs des coefficients de corrélation des deux tableaux indique que la liaison n'est pas génétique; au contraire, une valeur élevée de la corrélation interlignée associée à une valeur faible de la corrélation intra-lignée indique que cette liaison est génétique.

La comparaison des deux matrices montre que :

- les variables technologiques sont liées entre elles génétiquement, leur corrélation avec la précocité de floraison étant, par contre, d'ordre phénotypique;

- la liaison production-ténacité est essentiellement de nature génétique;

- des deux groupes de variables composantes de la production, le premier (voir ci-dessus) lui est lié génétiquement, le second phénotypiquement.

Notons qu'il semble que la corrélation hautement significative observée entre l'allongement de la fibre et la hauteur des plantes, qui apparaît par ailleurs génétique, soit en quelque sorte un artefact provoqué par la lignée 8 qui se trouve être à la fois de taille très élevée et d'allongement très supérieur à la moyenne des autres lignées.

Les variables agronomiques mesurées sont ainsi liées à la production. Les deux composantes de la

production qu'elles constituent peuvent être définies, la première comme se rapportant à ce qui touche le poids des fructifications, la seconde à ce qui touche leur nombre.

Les caractéristiques technologiques sont pratiquement toutes liées positivement entre elles. Leur expression phénotypique semble en opposition avec celle des caractéristiques agronomiques, ceci étant particulièrement bien illustré par la forte corrélation négative existant entre la production de la plante et la ténacité de sa fibre.

Les teneurs en éléments minéraux de la feuille montrent des liaisons nombreuses avec les variables précédentes. Le groupe N-S-K, positivement corrélié, présente lui-même une liaison positive avec la composante poids des fructifications, et plutôt négative avec la composante nombre de fructifications. La teneur en B a un comportement un peu inverse de celui du groupe N-S-K. La teneur en P est, enfin, indépendante des quatre autres variables issues des analyses foliaires.

Afin de pousser un peu plus avant l'analyse des composantes de la production, nous avons utilisé la méthode des coefficients de piste. Les calculs ont été effectués dans deux cas, correspondant à deux schémas possibles des relations entre les caractères. Dans le premier, nous avons considéré que les six variables intervenaient sur la production au même niveau (figure 3), dans le second, nous les avons hiérarchisées et fait intervenir le poids capsulaire et le nombre de capsules à un niveau intermédiaire (figure 4). Les résultats détaillés des calculs sont portés en annexe.

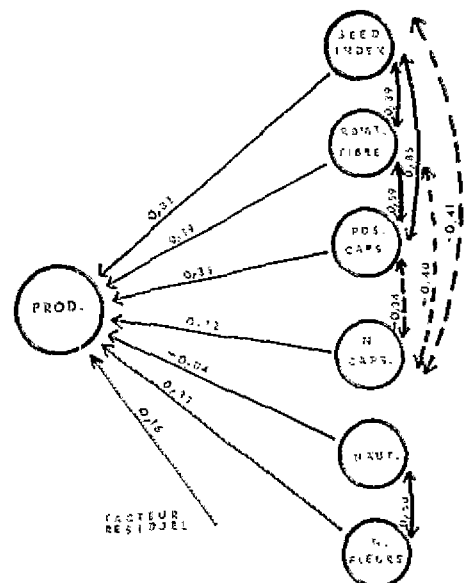


Fig. 3. — Récapitulation de l'analyse par les coefficients de piste, en faisant intervenir les six composantes de la productivité au même niveau.

Les valeurs des coefficients de piste obtenues dans le premier schéma tendent à montrer que l'effet direct du nombre de capsules sur la production est plus important, et l'effet direct du poids capsulaire moins important que ne le laisse supposer l'étude des corrélations. L'influence directe de la hauteur de la plante apparaît nulle. Les deux groupes de composantes, poids et nombre de fructifications, semblent donc influencer la variable résultante de façon égale.

La hiérarchisation établie dans le deuxième schéma permet une bonne détermination du poids capsulaire, mais une faible détermination du nombre de capsules par les quatre variables placées, *a priori*, au niveau initial. Ici encore, l'effet direct du nombre de capsules sur la production est réajusté par rapport à la valeur du coefficient de corrélation.

En définitive, si le poids capsulaire et le nombre de capsules semblent influencer à titre égal la production, l'analyse par les coefficients de piste montre qu'ils ne suffisent pas à la déterminer entièrement. De plus, l'essentiel de la variation du nombre de capsules n'apparaît pas lié à celle du nombre de fleurs et de la hauteur des plantes ; il faut rechercher ailleurs les composantes de cette caractéristique, peut-être au niveau du type et du nombre des ramifications.

3. L'analyse des composantes principales

Les calculs indiquent que les trois premières composantes principales décrivent à elles seules 87,5 % de la variation totale (49,7 % pour la première, 20,0 % pour la seconde et 17,8 % pour la troisième). Ainsi, ne prendrons-nous en considération que ces trois composantes. Elles figurent dans le tableau 6 ordonnées par valeurs absolues décroissantes de leurs coefficients.

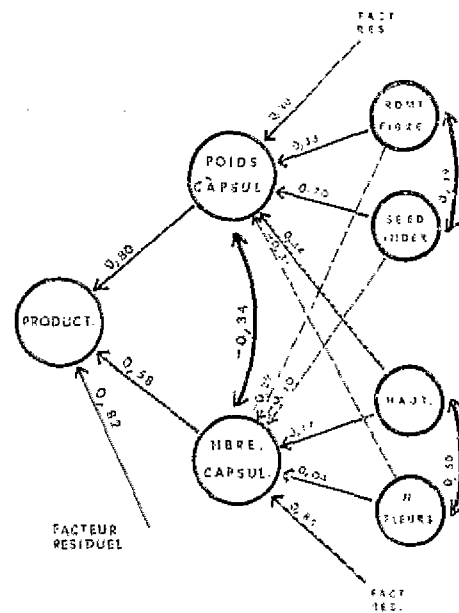


Fig. 4. — Récapitulation de l'analyse par les coefficients de piste, après hiérarchisation des six composantes de la productivité selon deux niveaux.

Ces composantes principales représentent donc trois variables synthétiques, non corrélées entre elles. On peut essayer de dégager pour chacune une signification biologique.

CP1, si l'on ne prend en considération que les termes affectés d'un coefficient supérieur à 0,50 en valeur absolue, intègre, dans le sens positif, la plupart des variables, qu'elle pondère par le groupe

Tableau 6. — Composantes principales ordonnées par valeurs absolues décroissantes de leurs coefficients.

Composante 1 (= CP1)	Composante 2 (= CP2)	Composante 3 (= CP3)
1,95 Indice micronaire	2,70 Seed-index	1,93 Teneur en B
-1,19 Seed-index	-1,57 Poids capsulaire	-1,73 Longueur
1,13 Précocité floraison	1,55 Hauteur	1,57 Nombre de fleurs
-1,02 Poids capsulaire	-1,35 Teneur en P	-1,50 Hauteur
0,99 Nombre de capsules	1,27 Précocité floraison	1,44 Indice micronaire
0,95 Teneur en B	-1,15 Teneur en S	-1,41 Teneur en K
0,92 Nombre de fleurs	0,99 Rendement fibre	0,97 Poids capsulaire
0,88 Ténacité (PSI)	-0,85 Nombre de capsules	-0,94 Teneur en P
0,84 Ténacité (= T1)	0,84 Productivité	0,90 Nombre de capsules
-0,78 Rendement fibre	-0,81 Teneur en B	-0,82 Ténacité (PSI)
-0,66 Productivité	0,78 Longueur	-0,82 Productivité
0,64 Teneur en K	-0,71 Uniformity ratio	0,60 Allongement
0,63 Allongement	0,67 Ténacité (PSI)	-0,52 Uniformity ratio
	-0,56 Indice micronaire	-0,52 Teneur en N
		0,47 Ténacité (T1)
-0,31 Hauteur	0,34 Teneur en K	
-0,30 Teneur en P	-0,31 Teneur en N	-0,39 Rendement fibre
-0,15 Teneur en S	-0,22 Ténacité (= T1)	-0,17 Seed-index
0,13 Longueur	-0,06 Allongement	-0,14 Teneur en S
0,11 Uniformity ratio	-0,02 Nombre de fleurs	0,09 Précocité floraison
0,08 Teneur en N		

seed-index, poids capsulaire, rendement-fibre, et par la production. Ainsi apparaît de façon plus évidente encore que ne le permettait l'étude des corrélations, l'opposition entre une direction production-poids des fructifications, et une direction représentée par l'ensemble des autres caractéristiques.

Le matériel semble donc, tout d'abord, réparti entre deux profils extrêmes, l'un caractérisant des plantes portant des capsules de poids élevé mais peu nombreuses, productives, et de mauvaise technologie (sens négatif de CP1). Le second caractérise, à l'inverse, des plantes à capsules nombreuses et de petite taille, peu productives, et de bonne technologie (sens positif de CP1).

La figure 5 montre que CP1 sépare assez nettement trois groupes de lignées, 6 et 3 (valeurs positives), 8, 4, 9, 1 et 2 (valeurs nulles), 5 et 7 (valeurs négatives). Ceci reproduit assez bien l'organisation révélée par le dendrogramme de la figure 1.

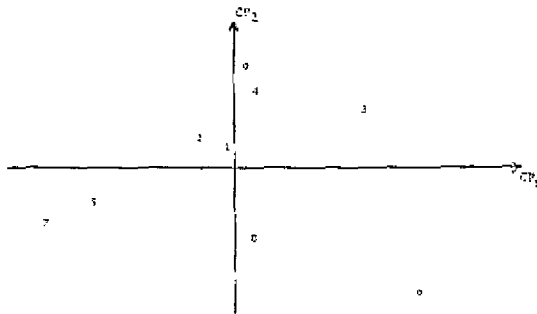


Fig. 5. — Représentation des lignées selon les deux premières composantes principales, totalisant 70 % de la variation.

CP2 décrit, dans le sens positif, des individus de bon comportement global, ne serait-ce que leur tendance à produire des fructifications peu nombreuses et de faible poids; on peut la considérer comme la composante d'adaptation aux phenotypes recherchés. Il est frappant de constater que la répartition des lignées le long de CP2, se fait exactement en fonction de la « dose » de la variété Allen que chacune a reçue (fig. 5). En effet, les lignées 4 et 9 ont subi un croisement par Allen (voir le tableau 1) et sont celles dont le génotype renferme le plus d'Allen, les lignées 3 et 2 viennent ensuite avec deux croisements par HAR 444-2 contenant lui-même de l'Allen, puis la lignée 1 avec un seul croisement par HAR 444-2. Enfin, les lignées 5, 6, 7 et 8, dépourvues d'Allen, possèdent des valeurs négatives de CP2.

III. — INTERPRÉTATION ET DISCUSSION

L'analyse effectuée apporte des éléments d'information, d'une part, au niveau des caractères, d'autre part, au niveau du matériel.

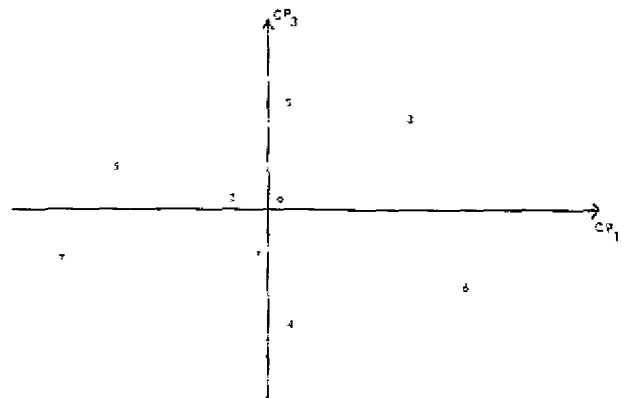


Fig. 6. — Représentation des lignées selon la première et la troisième composantes principales, totalisant 68 % de la variation.

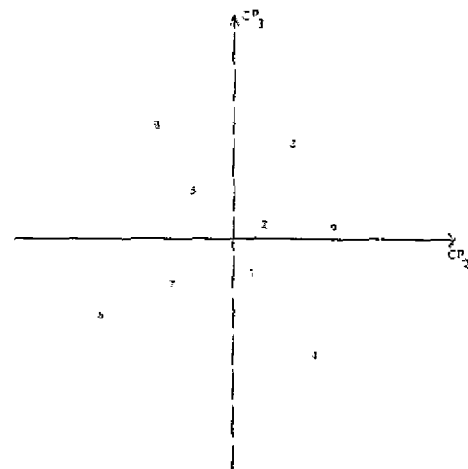


Fig. 7. — Représentation des lignées selon la deuxième et la troisième composantes principales, totalisant 38 % de la variation.

La représentation selon CP1 et CP2 (fig. 5) intègre 70 % de la variation totale. Elle montre de façon nette que la variabilité, importante dans le matériel initial (5, 6, 7 et 8) se resserre rapidement autour des valeurs nulles de CP1 pour des valeurs croissantes de CP2, c'est-à-dire de l'adaptation.

CP3, un peu à l'inverse de CP2, décrit, dans le sens positif, des plantes florifères, à capsules de poids et de nombre élevés, mais de bas niveau pour les autres caractères, notamment la technologie. On peut considérer que le sens négatif de CP3 constitue la composante technologie.

En ce qui concerne les caractères, on constate tout d'abord leur très grande dépendance mutuelle d'expression. L'étude des corrélations et l'analyse par les

coefficients de piste permettent de les regrouper en quatre ensembles dont les relations peuvent être schématisées selon la figure 8.

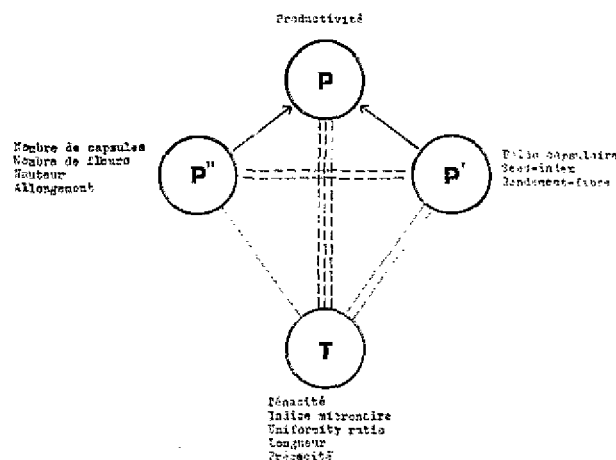


Fig. 8. — Représentation des relations entre les quatre grands groupes de variables. Les traits pleins indiquent une liaison positive, les traits pointillés un antagonisme au niveau de l'expression phénotypique.

Ce schéma fait ressortir :

1 - L'influence sur la production (P) de deux groupes de variables composantes, P' représentant essentiellement le poids des fructifications et P'', leur nombre. Ces deux composantes sont d'expression antagoniste, et leur effet direct sur P est sensiblement égal ; elles semblent ne pas suffire, toutefois, à déterminer entièrement la variation du caractère « production ».

La liaison P'-P, intense, est essentiellement d'ordre génétique ; elle n'apparaît, en effet, qu'entre génotypes différents, et n'existe pas à l'intérieur d'une même lignée. La liaison P''-P, plus lâche, est au contraire, de nature phénotypique.

2 - La contradiction entre l'expression de P, P', P'', d'une part, et celle de T, d'autre part, la liaison négative apparaissant plus forte entre P' et T qu'entre P'' et T. L'opposition entre une bonne production et une bonne technologie de la fibre serait donc plus le fait de plantes tenant leur production d'un poids capsulaire élevé, que de plantes la tenant d'un nombre élevé de capsules.

La corrélation négative, apparaissant ici de nature génétique, entre la production et la ténacité est couramment citée chez le cotonnier. Certains auteurs (MILLER et RAWLINGS, 1967 ; MEREDITH et BRIDGE, 1971) l'attribuent plutôt à la présence d'un linkage qu'à un effet de pleiotropie, nos résultats semblent situer de façon plus précise cet antagonisme au niveau du poids capsulaire.

A l'intérieur du groupe P', l'existence d'une liaison entre le rendement fibre, d'une part, le poids capsu-

laire et le seed-index, d'autre part, indique que, dans le matériel étudié, à une augmentation du poids de la graine, correspond une augmentation du poids de fibre porté par cette graine.

Dans le groupe P'', l'absence de corrélation significative entre le nombre de fleurs et le nombre de capsules montre que d'autres facteurs interviennent, et notamment les phénomènes de shedding et de compensation.

Bien que l'effet direct du nombre de capsules sur la production soit, nous l'avons vu, important, la corrélation entre ces deux variables n'est pas significative, alors que la corrélation entre production et nombre de fleurs l'est. Le tableau 3 montre que la variabilité intra-lignées (évaluée par le coefficient de variation) du nombre de capsules est supérieure à celle du nombre de fleurs : cette plus grande sensibilité aux conditions de milieu est peut-être à l'origine du défaut de corrélation entre production et nombre de capsules. Ainsi, dans un programme d'amélioration de la production, le critère « quantité de fleurs produites » pourrait-il être meilleur que le critère « nombre de capsules ».

En ce qui concerne le matériel, l'analyse des distances généralisées permet une comparaison des lignées basée sur l'ensemble de leurs caractéristiques. Leur regroupement se fait autour d'un noyau constitué de cinq lignées dont quatre (2, 1, 9 et 4) présentent une assez grande similitude de profil, la plupart des caractères exprimant d'ailleurs des performances proches de la moyenne générale. La lignée 8, rattachée à ce groupe, diffère beaucoup des quatre autres : elle possède, en effet, des valeurs élevées des groupes de variables P et P'.

De chaque côté de ce noyau central, viennent se regrouper des lignées de profils extrêmes. D'un côté, les groupes 5 et 7 caractérisés par de fortes valeurs de P' et faibles de P'' et T. De l'autre, la lignée 3 et, à un niveau beaucoup plus bas, la lignée 6, caractérisées par de faibles valeurs des variables P' et, surtout pour la lignée 6, de fortes valeurs des variables T.

L'analyse des composantes principales permet, tout d'abord, d'attribuer aux variables agronomiques la prise en charge de la plus grande partie de la variabilité du matériel. Les trois premières composantes suffisent à décrire 87,5 % de la variation. La première, CP1, rend compte de l'opposition entre production et poids des fructifications (P'), d'une part, et technologie (T) et nombre des fructifications (P''), d'autre part. Le groupe de lignées 2, 1, 9 et 4 possédant des valeurs à peu près nulles pour CP1, peut être considéré comme représentant la réalisation d'un équilibre entre les quatre groupes de variables antagonistes définis ci-dessus.

CP2 rend compte de l'opposition variabilité-adaptation et CP3, de l'opposition agronomie-technologie.

La représentation des lignées sur les composantes 1 et 2 (fig. 5) met en évidence la perte de la variabilité existant dans le matériel initial (lignées 5, 6,

7 et 8) à mesure que les valeurs de CP 2 (composante d'adaptation) augmentent. Enfin, on remarque que la répartition des lignées sur cette composante 2 se fait exactement en fonction de la « dose » de génotype de la variété Allen reçue par chacune.

La représentation sur les composantes 2 et 3 montre que la lignée 4 réalise la meilleure combinaison adaptation-technologie; elle apparaît donc comme possédant le meilleur génotype de départ pour un travail de sélection. Une autre voie semble également s'imposer, celle d'un programme d'amélioration basée sur la recombinaison entre les producteurs de variabilité (lignées 5, 6, 7 et 8) et les producteurs d'adaptation (lignées 1, 2, 3, 4 et 9).

La réalisation d'un croisement diallele entre ces lignées devrait, a) sur le plan méthodologique, permettre de déterminer les aptitudes à la combinaison entre les différents groupes, et permettre d'éclaircir le fonctionnement héréditaire des caractères; b) sur le plan pratique, favoriser au maximum les recombinaisons, et amener certaines descendance à un niveau supérieur d'équilibre entre les différents groupes de variables.

Enfin, pourra-t-on également envisager d'utiliser les composantes principales comme indice de sélection, dans le cas où elles présenteraient une hérédité assez simple?

BIBLIOGRAPHIE

- DEWEY D.R. et K.H. LU, 1959. — A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agron. J.*, 51, 515-518.
- KAMMACHER P., 1965. — Etude des relations génétiques et caryologiques entre génomes voisins du genre *Gossypium*. Thèse Doct. ès Sci., Univ. de Paris.
- KEMPTHORNE O., 1957. — An introduction to genetic statistics. J. Wiley, New York.
- KENDALL M.G., 1972. — A course in multivariate analysis. Griffin, London.
- LI C.C., 1963. — Population genetics. Univ. Chicago Press, Chicago.
- MEREDITH W.R. et R.R. BRIDGE, 1971. — Break-up of linkage blocks in cotton *Gossypium hirsutum* L. *Crop Sci.*, 11, 695-698.
- MILLER P.A. et J.O. RAWLINGS, 1967. — Break-up of initial linkage blocks through intermating in a cotton breeding program. *Crop Sci.*, 7, 199-204.
- RAO C.R., 1952. — Advanced statistical methods in biometric researches. J. Wiley, New York.
- RAO C.R., 1965. — Linear statistical inference and its applications. J. Wiley, New York.
- WILKS S.S., 1962. — Mathematical statistics. J. Wiley, New York.
- WRIGHT S., 1968. — Evolution and the genetics of populations. Vol. 1: Genetic and biometric foundations. Univ. Chicago Press, Chicago.

SUMMARY

The treatment in multivariable analysis of the data relative to nineteen quantitative characters, measured on nine strains chosen from the material progenies of trispecific origin (*Gossypium hirsutum* × *G. arboreum* × *G. raimondii*) gives the descriptive elements of this material.

The analysis of the generalized distances recapitulated by a dendrogram, sets forth, for the aggregate of the characteristics measured (agronomical, technological and relative to the mineral elements contained in the leaf), the distribution of the strains into three groups, one of a balanced type, the two others of extreme and opposed types.

The examination of the correlations between variables two and two shows their very great dependence between them and reveals the antagonism of expression between agronomical and technological characters. The yield seems to depend equally upon

the group of variables "weight of the fructification" and upon the group "number of fructifications", which are themselves of an opposite expression: these two components appear however to be insufficient to determine entirely the production.

The main components (the three first ones explain 87.5% of the total variation) permit to ascribe to the agronomical characters the greater part of the variability observed. The first one gives an account of an opposition between production, weight of fructifications on the one hand and technology, number of fructifications on the other hand; the second one gives an account of the equilibrium variability - adaptation and the third one of the antagonism between agronomical qualities and technological qualities. The representation of the strains on these components provides elements of information in view of pursuing the improvement of this material.

RESUMEN

El tratamiento en análisis multivariable de los datos relativos a diecinueve caracteres cuantitativos, medidos en nueve razas elegidas en la descendencia de un material de origen trispecifico (*Gossypium hirsutum* × *G. arboreum* × *G. raimondii*) proporciona los elementos de descripción de ese material.

El análisis de las distancias generalizadas, recapitulado por un dendrograma, pone en evidencia, para el conjunto de las características medidas (agronómicas, tecnológicas y relativas a los elementos minerales contenidos en la hoja) la repartición de las razas en tres grupos, uno de tipo equilibrado, los otros dos de tipos extremos y opuestos.

El examen de las correlaciones entre variables dos a dos, muestra una independencia muy grande entre ellas, y pone de manifiesto el antagonismo de expresión entre caracteres agronómicos y tecnológicos. La producción parece depender igualmente del grupo de variable « peso de las fructificaciones » y del grupo « número de fructificaciones », ellos mismos de expresión opuesta; esos dos componentes parecen, sin embargo, insuficientes para determinar enteramente la producción.

Los componentes principales (los tres primeros

explican 87,5 % de la variación total) permiten imputar a los caracteres agronómicos la mayor parte de la variabilidad observada. El primero da cuenta de una oposición entre producción y peso de las fructificaciones por un lado, y tecnología y número de fructificaciones, por otro lado; el segundo da cuenta del equilibrio variabilidad-adaptación, y el tercero, del antagonismo entre calidades agronómicas y calidades tecnológicas. La representación de las razas sobre esos componentes procura elementos de información para proseguir la mejora de ese material.

ANNEXE

Résultats détaillés des calculs de coefficients de piste.

Premier cas (figure 3)

— Corrélation seed-index/productivité	$r = 0,499$
Effet direct /seed-index	0,325
Effet indirect/rendement-fibre	0,195
» /poids capsulaire	0,299
» /nombre de capsules	— 0,297
» /hauteur	— 0,001
» /nombre de fleurs	— 0,022
TOTAL	0,499

— Corrélation rendement-fibre/productivité	$r = 0,546$
Effet direct /rendement fibre	0,494
Effet indirect/seed-index	0,128
» /poids capsulaire	0,203
» /nombre de capsules	— 0,288
» /hauteur	— 0,001
» /nombre de fleurs	0,010
TOTAL	0,546

— Corrélation poids capsulaire/productivité	$r = 0,603$
Effet direct /poids capsulaire	0,346
Effet indirect/seed-index	0,278
» /rendement-fibre	0,290
» /nombre de capsules	— 0,244
» /hauteur	— 0,008
» /nombre de fleurs	— 0,059
TOTAL	0,603

— Corrélation nombre de capsules/productivité	$r = 0,313$
Effet direct /nombre de capsules	0,722
Effet indirect/seed-index	— 0,134
» /rendement-fibre	— 0,197
» /poids capsulaire	— 0,117
» /hauteur	— 0,008
» /nombre de fleurs	0,047
TOTAL	0,313

-- Corrélation hauteur/productivité	$r = 0,340$
Effet direct /hauteur	— 0,042
Effet indirect/seed-index	0,004
» /rendement-fibre	0,012
» /poids capsulaire	0,064
» /nombre de capsules	0,131
» /nombre de fleurs	0,171
TOTAL	0,340

-- Corrélation nombre de fleurs/productivité	$r = 0,358$
Effet direct /nombre de fleurs	0,346
Effet indirect/seed-index	— 0,018
» /rendement-fibre	0,013
» /poids capsulaire	— 0,059
» /nombre de capsules	0,096
» /hauteur	— 0,020
TOTAL	0,358

Deuxième cas (figure 4)

-- Corrélation seed-index/poids capsulaire	$r = 0,854$
Effet direct /seed-index	0,708
Effet indirect/rendement-fibre	0,127
» /hauteur	0,004
» /nombre de fleurs	0,015
TOTAL	0,854

— Corrélation rendement-fibre/poids capsulaire	$r = 0,588$
Effet direct /rendement-fibre	0,321
Effet indirect/seed-index	0,280
» /hauteur	— 0,008
» /nombre de fleurs	— 0,005
TOTAL	0,588

— Corrélation hauteur/nombre de capsules	$r = 0,181$
Effet direct /hauteur	0,172
Effet indirect/seed-index	—0,004
» /rendement-fibre	—0,007
» /nombre de fleurs	0,020
TOTAL	0,181

— Corrélation nombre de fleurs/nombre de capsules	$r = 0,133$
Effet direct /nombre de fleurs	0,038
Effet indirect/seed-index	0,016
» /rendement-fibre	—0,008
» /hauteur	0,087
TOTAL	0,133

— Corrélation poids capsulaire/productivité	$r = 0,603$
Effet direct /poids capsulaire	0,800
Effet indirect/nombre de capsules	—0,197
TOTAL	0,603

— Corrélation nombre de capsules/productivité	$r = 0,313$
Effet direct /nombre de capsules	0,583
Effet indirect/poids capsulaire	—0,270
TOTAL	0,313